



(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :  H01S 3/19		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 99/49544</b>
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 30. September 1999 (30.09.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/00892		(81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 25. März 1999 (25.03.99)			
(30) Prioritätsdaten: 198 13 180.1 25. März 1998 (25.03.98) DE		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	
(71) Anmelder ( <i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i> ): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).			
(72) Erfinder; und			
(75) Erfinder/Anmelder ( <i>nur für US</i> ): LELL, Alfred [DE/DE]; Virchowstrasse 19, D-93142 Maxhütte-Haidhof (DE). KUGLER, Siegmar [DE/DE]; Coulmiersstrasse 1, D-93055 Regensburg (DE). STATH, Norbert [DE/DE]; Rosinusweg 11, D-93049 Regensburg (DE). OBERSCHMID, Reimund [DE/DE]; Minoritenweg 7 B, D-93161 Sinzing (DE).			
(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A RIDGE WAVEGUIDE IN LAYER STRUCTURES OF A III-V COMPOUND SEMICONDUCTOR AND SEMICONDUCTOR LASER DEVICE, ESPECIALLY FOR LOW SERIES RESISTANCES			
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES STEGWELLENLEITERS IN III-V-VERBINDUNGSHALBLEITER-SCHICHTSTRUKTUREN UND HALBLEITERLASERVORRICHTUNG BESONDERS FÜR NIEDERE SERIENWIDERSTÄNDE			
(57) Abstract			
<p>The invention relates to a method for producing a ridge waveguide in layer structures of III-V compound semiconductors, consisting of the following steps: a base structure formed on a semiconductor substrate (2) is created which comprises a first coating layer (3), an active zone (4) deposited on said first coating layer (3), a second coating layer (5) deposited on the active zone (4) and a contact layer (6) deposited on the second coating layer (5); a trench mask (13) is deposited and structured across the entire surface so as to define a trench area (14) which has approximately 20 times the width of a ridge (7) which is then created in the centre of the trench area (14) from the second coating layer (5) and the contact layer (6); additional doping atoms are introduced into the contact layer (6) and/or the doping atoms introduced in this way or doping atoms already present are activated; a substantially strip-shaped ridge mask (15) is created within the trench area (14); and the second coating layer (5) and the contact layer (6) are selectively etched using the trench mask (13) and ridge mask (15) as resist masks for forming the ridge (7) of the ridge wave guide inside the trench area (14).</p>			

**(57) Zusammenfassung**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstrukturen, mit den Schritten: Fertigen einer auf einem Halbleiter-Substrat (2) ausgebildeten Grundstruktur mit einer ersten Mantelschicht (3), einer auf der ersten Mantelschicht (3) abgeschiedenen aktiven Zone (4), einer auf der aktiven Zone (4) abgeschiedenen zweiten Mantelschicht (5) und einer auf der zweiten Mantelschicht (5) abgeschiedenen Kontaktsschicht (6); ganzflächiges Abscheiden und Strukturieren einer Grabenmaske (13) zur Festlegung eines Grabenbereichs (14), der etwa die zwanzigfache Breite eines nachfolgend in der Mitte des Grabenbereichs (14) aus der zweiten Mantelschicht (5) und der Kontaktsschicht (6) zu erzeugenden Steges (7) besitzt; Einbringen zusätzlicher Dotieratome in die Kontaktsschicht (6) und/oder Aktivieren der zusätzlich eingebrachten oder der bereits vorhandenen Dotieratome; Ausbilden einer im wesentlichen streifenförmigen Stegmaske (15) innerhalb des Grabenbereichs (14); selektives Ätzen der zweiten Mantelschicht (5) und der Kontaktsschicht (6) unter Verwendung der Grabenmaske (13) und der Stegmaske (15) als Abdeckmasken zur Ausbildung des Steges (7) des Stegwellenleiters innerhalb des Grabenbereiches (14).

***LEDIGLICH ZUR INFORMATION***

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Leitland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Dic ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## 5 Beschreibung

Bezeichnung der Erfindung: Verfahren zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstrukturen und Halbleiterlaservorrichtung besonders für niedrige Serienwiderstände

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstrukturen und eine Halbleiterlaservorrichtung, insbesondere eine sogenannte Ridge-waveguide-Laservorrichtung auf der Basis von III-V-Halbleitermaterialien.

Halbleiterlaserdioden finden mittlerweile einen breiten Anwendungsbereich insbesondere auch in informationsverarbeitenden Systemen. Aufgrund ihrer kompakten Größe und zum Teil auch wegen der zu den verwendeten Schaltkreisen und weiteren optoelektronischen Elementen kompatiblen Technologie werden Halbleiterlaserdioden insbesondere in der optoelektronischen Nachrichtentechnik. Im Hinblick auf den Aufbau und die Anordnung solcher Laserdioden werden derzeit unterschiedliche Typen von Laserstrukturen verwendet. Eine besonders einfach herzustellende und zuverlässig arbeitende Laservorrichtung umfasst einen in einer III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstruktur ausgebildeten Stegwellenleiter; solche Laseranordnungen, die auch der erfindungsgemäßen Gattung zugrunde liegen, sind beispielsweise aus der EP 0 450 255 Al und aus C. Harder, P. Buchmann, H. Meier, High-Power Ridge-Waveguide AlGaAs Grin-Sch Laser Diode, Electronics Letters, 25. September 1986, Vol. 22, No. 20, Seiten 1081 bis 1082 bekannt geworden. Bei der Herstellung derartiger selbstjustierender Wellenleiter-Laserstrukturen wird normalerweise eine einzige photolithographische Maske zur Festlegung der vollständigen Kontaktbereich- bzw. Wellenleitersteggeometrie über den gesamten Herstellprozess zur Fertigung des Steges verwendet. Bei der Übertragung der zunächst bei der Fertigung von Laservorrichtungen auf der Grundlage des GaAs-Systems entwickelten Fertigungsprozesse auf die Herstellung von InP-Lasersystemen mit größeren Wellenlängen des emit-

5 tierten Lichtes ergeben sich jedoch gewisse technologische Probleme. Als besonders kritisch wird hierbei insbesondere der bei der Fertigung des Stegwellenleiters erforderliche Ätzschritt angesehen, bei dem aufgrund der stets einhergehenden unerwünschten Unterätzung an der Grenzfläche des Photolack-  
10 GaInAs- oder GaInAsP-Kontaktes die wirksame ohmsche Kontaktfläche signifikant verringert wird, was zu einem Anstieg des elektrischen Kontaktwiderstandes und damit zu einer vermehrten Erwärmung führt. Als Folge hiervon verschlechtern sich allgemein die Lasereigenschaften. Zur Vermeidung dieser technologisch bedingten Schwierigkeiten wird nach der EP 0 450 255 Al vorgeschlagen, eine Hilfsmaske anzuordnen, um die mit der Unterätzung einhergehenden Nachteile zu vermeiden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gegenüber dem in der EP 0 450 255 Al aufgezeigten Fertigungsprozess technologisch insgesamt einfacheres Verfahren zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstrukturen zur Verfügung zu stellen.

25 Diese Aufgabe wird durch das Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Eine insbesondere nach diesem Verfahren herstellbare Halbleiterlaservorrichtung ist in Anspruch 17 angegeben.

Die gemäß § 3 Abs.2 PatG Stand der Technik bildende deutsche Patentanmeldung Nr. 196 40 420.7 bezieht sich auf einen Ridge-Waveguide-Laser auf der Basis von InGaAsP/InP mit einer Dreibein-Struktur, bei der der im Wesentlichen streifenförmige Stegwellenleiter mittels eines nass-chemischen Ätzprozess-Schrittes innerhalb eines Grabenbereiches aus der InP-  
30 Mantelschicht und quaternärer Kontaktsschicht ausgebildet wird. Der elektrische Anschluß des Steges erfolgt über eine Metallierungsschicht, die ganzflächig auf einer Passivierungsschicht abgeschieden wird, wobei die Passivierungsschicht aus elektrisch isolierendem Material die Dreibein-Struktur mit  
35 Ausnahme der Oberseite des Steges überdeckt.

40 Dieses Verfahren verzichtet ganz auf Trockenätzschritte, z.B.

5 mittels Ionenätzverfahren, und kann mit weniger naßchemischen Ätzschritten als die bis dahin bekannten Verfahren durchgeführt werden. Erkauft wurde dies mit höheren Anforderungen an die Epitaxiestrukturen, besonders Feinheiten der Schichtübergangsformen, mit einer Unsicherheit der Stegbreite und mit einem höheren Serienwiderstand  $R_s$  der Halbleiterlaserstrukturen gegenüber den bisher bekannten Verfahren. Die Unsicherheit der Stegbreite hat sich als praktisch tragbar erwiesen (es gibt hier eine Unsicherheit der Fototechnikmaske in der Größenordnung von fast  $\pm 0,6 \mu\text{m}$ ; die zusätzliche Ätzunsicherheit bei 10 nur naßchemischen Ätzverfahren von etwa  $\pm 0,4 \mu\text{m}$  scheint bisher verhältnismäßig tragbar). Kritischer hat sich aber der eindeutig höhere Serienwiderstand herausgestellt. Bei einer 15 gegebenen beispielhaften  $1,3\mu\text{m}$ -Wellenlänge-InGaAsP-Halbleiterlaserstruktur mit  $3 \mu\text{m}$  Stegbreite und  $300 \mu\text{m}$  Resonatorlänge ist der Serienwiderstand normalerweise etwa  $3 \Omega \pm 0,5 \Omega$ . Die Anwendung des Verfahrens gemäß der deutschen Patentanmeldung Nr. 196 40 420.7 zeigte jedoch eine weit über 20 das übliche hinausgehende Instabilität der Serienwiderstände. Es wurden Serienwiderstandswerte mit einer sehr breiten Ver- 25 teilung zwischen etwa  $3,5 \Omega$  und bis zu  $20 \Omega$  gemessen, die damit deutlich über der Toleranzgrenze lagen. Die damit verbundenen Ausbeuteverluste hätten sich - zusätzlich verbunden mit dem Zwang, sehr sorgfältig den Serienwiderstand noch im Chipzustand zu messen, - auf die Dauer als nicht akzeptabel 30 erwiesen.

Als Ursache des hohen Serienwiderstandes stellte sich ein relativ hoher Kontaktwiderstand zwischen dem Anodenmetallkontakt und dem Halbleiter heraus. Um den Kontaktwiderstand zu verringern, werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren entweder zusätzliche Dotieratome in die Kontaktsschicht durch Diffusion oder Implantation eingebracht und/oder es werden die bereits vorhandenen Dotieratome durch eine Temperung oder einen Laserblitz aktiviert.

40

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich somit durch folgende Fertigungsschritte in der angegebenen Reihenfolge aus:

5

Fertigen einer auf einem Halbleiter-Substrat, insbesondere durch epitaktisches Aufwachsen, ausgebildeten Grundstruktur mit einer ersten Mantelschicht, einer auf der ersten Mantelschicht abgeschiedenen aktiven Zone bestehend aus einheitlichem Material oder aus einer Wechselfolge von Quantentöpfen und Barrieren, einer auf der aktiven Zone abgeschiedenen zweiten Mantelschicht und einer auf der zweiten Mantelschicht abgeschiedenen Kontaktsschicht; ganzflächiges Abscheiden und Strukturieren einer Grabenmaske zur Festlegung eines Grabenbereichs, der eine vielfache Breite eines nachfolgend innerhalb des Grabenbereichs aus der zweiten Mantelschicht und der Kontaktsschicht zu erzeugenden Steges besitzt; Einbringen zusätzlicher Dotieratome in die Kontaktsschicht und/oder Aktivieren der bereits vorhandenen Dotieratome der Kontaktsschicht; Ausbilden einer im Wesentlichen streifenförmigen Stegmaske innerhalb des Grabenbereichs; selektives Ätzen der Kontaktsschicht und der zweiten Mantelschicht unter Verwendung der Grabenmaske und der Stegmaske als Abdeckmasken zur Ausbildung des Steges des Stegwellenleiters bei gleichzeitiger Ausbildung eines Grabens innerhalb des Grabenbereiches; im Wesentlichen kantenkonformes Abscheiden einer Passivierungsschicht aus elektrisch isolierendem Material; Abheben des auf der Stegmaske abgeschiedenen Materials der Passivierungsschicht durch Entfernen des unterliegenden Maskenmaterials der Stegmaske; und Abscheiden einer Metallisierungsschicht für den elektrischen Anschluss des Steges.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Dotieren der Kontaktsschicht durch Eindiffundieren der Dotieratome.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Ätzen der Kontaktsschicht und der zweiten Mantelschicht in zwei voneinander getrennten Ätzschritten mit unterschiedlichen Ätzlösungen, wobei die Ätzung der jeweiligen Schicht selektiv gegenüber dem jeweils unterliegenden Material durchgeführt wird. Beim nass-chemischen Ät-

5 zen der Kontaktsschicht wird das von der Stegmaske abgedeckte Material unterätzt. Des Weiteren wird zur nass-chemischen Ätzung der Kontaktsschicht eine Schwefelsäure-Wasserstoffperoxid-Wasser-Ätzlösung und zur nass-chemischen Ätzung der zweiten Mantelschicht eine Phosphorsäure-Salzsäure-Ätzlösung verwendet. Bei der Ätzung der zweiten Mantelschicht erfolgt keine Unterätzung gegenüber der als Ätzmaske wirkenden, strukturierten Kontaktsschicht. Sämtliche nass-chemische Ätzvorgänge kommen in vertikaler Richtung an der der zu ätzenden Schicht unmittelbar folgenden Grenzschicht aufgrund der materialspezifischen Selektivität der Ätzlösungen zu stehen. Die Flankenwinkel der Kontaktsschicht werden eindeutig durch die kristallographisch bedingten Eigenschaften des Kontaktsschichtmaterials vorgegeben bzw. bestimmt. Durch die Stegmaske wird in einem selbstjustierenden Prozess die Stegposition innerhalb des Grabs festgelegt, bezüglich der Breite des Steges aber lediglich der maximale Wert vorbestimmt.

In einem ersten nass-chemischen Ätzschritt an der Kontaktsschicht wird über das Ausmaß der lateralen Unterätzung der Stegmaske die Breite des entstehenden Wellenleitersteges festgelegt. Der stehengebliebene stegförmige Rest der Kontaktsschicht wirkt wegen der Selektivität des Ätzangriffs zur zweiten Mantelschicht bei dem zweiten Ätzschritt als ideales Maskenmaterial: anschließend an die Kontaktsschicht-/Mantelschichtgrenzfläche bildet sich im Material der zweiten Mantelschicht ein kristallographisch vorgegebener Flankenwinkel aus, der auch bei Überlangen Ätzzeiten unverändert bleibt. Von Vorteil kann sich daher der aus der zweiten Mantelschicht herausgebildete Teil des Steges bündig an den stehengebliebenen Teil der Kontaktsschicht anschließen.

Gegenüber dem bisherigen Verfahren zur Herstellung einer so genannten Ridge-Waveguide-Laservorrichtung mit einem Wellenleitersteg auf der Basis der Materialien InGaAsP/InP besitzt die erfindungsgemäße Lösung einer auf rein nass-chemisch erzeugten Dreibein-Anordnung der Laservorrichtung unter anderem folgende Vorteile:

5

- Die nach dem Stand der Technik an sich als unerwünscht bezeichnete Unterätzung bei der Fertigung des Wellenleitersteges wird erfindungsgemäß gezielt im Sinne einer einfacheren Fertigung im Wege des nass-chemischen Ätzens ausge-  
10 nutzt; das erfindungsgemäß Verfahren ermöglicht somit eine Strukturierung der technologisch besonders kritischen Struk-  
turen allein durch nass-chemische Ätzschritte. Auf diese Weise gelingt es, in einem relativ einfach durchzuführenden Arbeitsschritt, den etwa 2 bis 3  $\mu\text{m}$  breiten und etwa 1,5 bis  
15 2  $\mu\text{m}$  hohen Wellenleitersteg geometrisch möglichst regelmäßig zu fertigen, um auf diese Weise letztlich zu einer möglichst glatten Linearität der Laserkennlinie (abgestrahlte Leistung (in mW) - eingespeister Laserstrom (in mA)) als Kennzeichen der gewünschten optoelektronischen Eigenschaften des Lasers  
20 zu gelangen. Sonach gelingt es, Nichtlinearitäten, sogenannte „Kinks“ (Knicke) in der Laserkennlinie, die unter ande-  
rem auch von geometrischen Unregelmäßigkeiten des Wellenlei-  
tersteges stammen können, auf technologisch saubere Weise bei der Fertigung des Lasers zu vermeiden.

25

- Im Gegensatz zu den bisher bekannten Herstellungsverfahren ist bei der erfindungsgemäßen Lösung eine Oxidüberformung (Passivierungsschicht) erforderlich, die in einem einzigen Arbeitsschritt ausgebildet wird.

30

- Mit der erfindungsgemäßen Lösung gelingt es ferner, eine technologisch saubere Überdeckung des Wellenleitersteges mit einer Metallisierungsschicht für den späteren Stromanschluss zu gewährleisten. Hierbei wird zur elektrischen Isolation gegenüber den nicht anzuschließenden Schichten die Passivie-  
35 rierungsschicht kantenkonform und vollflächig abgeschieden, wo-  
bei dafür Sorge getragen ist, daß für den nachfolgenden Ab-  
hebeschritt definierte Abhebekanten an den gewünschten Stel-  
len zur Verfügung stehen, damit das zur Abhebung eingesetzte  
40 Lösungsmittel in die übrigbleibende Photolackschicht ein-  
dringen kann. Das erfindungsgemäß Verfahren benötigt nur noch einen einzigen Abhebeschritt, der zudem ohne mechani-

5 sche Unterstützung erfolgreich durchgeführt werden kann.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführung des erfindungsmäßigen Verfahrens ist vorgesehen, daß zur nass-chemischen Ätzung der Kontaktsschicht eine Schwefelsäure-Wasserstoffperoxid-  
10 Wasser-Ätzlösung verwendet wird. In besonders vorteilhafter Weise liegt hierbei die in der Ätzlösung verwendete Schwefelsäure in nicht konzentrierter Form vor. Im Gegensatz zu den bisher verwendeten Ätzlösungen für diesen Einsatzbereich wird anstelle einer konzentrierten Schwefelsäure wie bislang eine  
15 mit Wasser verdünnte Schwefelsäure verwendet, wobei das Schwefelsäure-Wasser-Verhältnis voreingestellt ist, und darüber hinaus eine nur geringe Konzentration des Oxidationsmittels Wasserstoffperoxid vorgesehen ist. Aufgrund der vorgeschlagenen Zusammensetzung der Ätzlösung werden zum Einen die im Hinblick auf die entstehende Hydratationswärme und damit zusammenhängend eintretenden thermischen Zersetzung insbesondere des Wasserstoffperoxidanteils einhergehenden Nachteile vermieden, und zum Anderen bleiben die günstigen chemischen und physikalischen Eigenschaften einer Ätzlösung mit hohem Schwefelsäuregehalt erhalten. Erfindungsgemäß wird die Ätzaktivität der Ätzlösung an arsenhaltigen Schichten durch den variablen Wasserstoffperoxidanteil bestimmt.

30 Hierdurch bedingt ergeben sich für nass-chemische Ätzlösungen im angegebenen Anwendungsbereich völlig neuartige Eigenschaften:

- Die Maskenunterätzung kann unabhängig von Unterschieden in der Maskenhaftung erfolgen und ist daher auch für lokal gestörte Oberflächen erfolgreich durchzuführen. Der Einsatz spezieller Prozess-Schritte oder Maskentechnologien zur Verbesserung der Adhäsion des Maskenmaterials kann entfallen.
- Unter der Voraussetzung chemischer Homogenität des Schichtmaterials lässt sich eine kontrollierte, lateral extrem gleichmäßige Ätzwirkung erzielen, die nicht einmal durch mechanisch-physikalische Einflüsse wie etwa Kratzer oder der-

5 gleichen zu stören ist (die vertikale Gleichmäßigkeit der Ätzung ist durch die vorhandene Selektivität gegenüber chemisch heterogenen Schichtsystemen vieler III-V-Halbleiterbauelemente ohnehin gegeben).

10 - Eine Unterätzung als meist unvermeidbare Begleiterscheinung herkömmlicher nass-chemischer Ätzverfahren wird nach der Erfindung zu einem gezielt nutzbaren Effekt. So können beispielsweise komplizierte Verfahrenstechniken für Abhebeprozesse überflüssig gemacht werden.

15 - Bedingt durch die Eliminierung des Einflusses nicht oder nur äußerst schwer kontrollierbarer Parameter auf das Ausmaß der Unterätzung kann dieser im allgemeinen unerwünschte Begleiteffekt bei der nass-chemischen Ätzung gezielt genutzt werden.

20 - Außerdem ermöglicht die gezielt eingesetzte Unterätzung eine optimale Vereinbarkeit bei der Kombination der Prozessanforderungen hinsichtlich einer möglichst kantenüberdeckenden Passivierung in Verbindung mit einer einfach, aber zuverlässig durchzuführenden Abhebetechnik.

25

Die genannten vorteilhaften Merkmale der Ätzwirkung bei der Ätzung der Kontaktsschicht hängen unmittelbar mit einigen der folgenden Grundeigenschaften des erfindungsgemäß bevorzugten Atzlösungssystems zusammen:

- Es liegt eine hohe Selektivität zwischen arsenhaltigen und nicht arsenhaltigen Schichten vor, das Ätzratenverhältnis beträgt demzufolge typischerweise mehr als etwa 500:1.

35 - Der geringe Wasserstoffperoxid-Volumenanteil in der Schwefelsäure-Mischung bedingt eine sehr hohe Selektivität zwischen herkömmlichen Positiv-Lacksystemen und ätzbarem Halbleitermaterial, wobei die Zersetzung der Photolacke aufgrund des Ätzangriffs so gering ist, daß sie nur bei Ätzzeiten im Bereich von Stunden überhaupt nachweisbar wird.

40

5 - Der Wirkungsmechanismus an arsenhaltigen Schichten wird über den Wasserstoffperoxidgehalt der Lösung eindeutig bestimmt. Die Reaktionsrate und damit zusammenhängende Eigenschaften der Ätzelösung wie beispielsweise Richtungsabhängigkeit der Ätzrate (isotropes Ätzverhalten) können somit gezielt auf

10 die vorliegende Anwendung abgestimmt werden.

- Die Ätzelösung kann wegen des verhältnismäßig hohen Schwefelsäuregehaltes als spezifische Reinigungslösung benutzt werden, in dem der Wasserstoffperoxidgehalt - abhängig vom

15 zu ätzenden arsenhaltigen Schichtmaterial - auf sehr niedrige Werte gesenkt wird (beispielsweise Volumenkonzentrationen im 0,1%-Bereich). Die Reaktionsraten sinken dabei auf nicht mehr feststellbare Werte. Im Übrigen kann die gleiche Lösung durch eine nachträgliche Wasserstoffperoxidzugabe an-

20 schließend wieder zum Ätzen benutzt werden.

- Da der Lösungsansatz ein voreingestelltes Schwefelsäure/Wasser-Verhältnis verwendet, gibt es bei Zusatz des geringen Wasserstoffperoxidanteils keine merkliche Erwärmung.

25 Aus der fehlenden Eigenerwärmung leiten sich unmittelbar weitere wichtige Eigenschaften der erfindungsgemäß bevorzugten Ätzelösung ab:

- Die Lösung ist sofort nach Zugabe des Wasserstoffperoxids

30 und Durchmischung verwendbar.

- Es findet keine nachweisbare Zersetzung des durch Temperaturerhöhung besonders zersetzungsgefährdeten Wasserstoffperoxidanteils statt, da diese Substanz unter gewöhnlichen

35 Lagerbedingungen bei Raumtemperatur stabil bleibt. Eine von selbst erzeugte störende Blasenbildung im Reaktionsmedium wird dadurch verhindert.

- Es ist durch gezielte Wasserstoffperoxid-Zugabe eine definierte Wasserstoffperoxid-Konzentrationseinstellung möglich.

40 Eine Abhängigkeit vom Herstellungs- bzw. Mischungsverfahren (beispielsweise durch Größe des Mengenansatzes oder Küh-

5      lungsbedingungen während der Mischung der Komponenten) kann nicht bestehen. Weiterhin sind Konzentrationsfehler durch Volumenausdehnungs- und Zersetzungseffekte ausgeschlossen.

10     - Die im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens bevorzugte Ätzlösung ermöglicht eine einfache Handhabbarkeit, da die Ätzlösung lediglich zweikomponentig und gefahrlos, d.h. ohne Erwärmung angesetzt werden kann.

15     - Lange Standzeiten der Lösung in der Größenordnung bis zu 48 Stunden sind durch den Einsatz stabiler bzw. stabil gehaltener Lösungskomponenten möglich. Frische Lösungsansätze oder definierte Standzeiten sind somit keine Voraussetzung für die Reproduzierbarkeit des Ätzergebnisses.

20     Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen.

25     Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeitkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung. Es zeigen:

30     Figuren 1 bis 8 in schematischen Schnittansichten die Reihenfolge der Prozess-Schritte eines Verfahrens zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-Bindungshalbleiter-Schichtstrukturen gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

35     Bevor die einzelnen Verfahrensschritte zur Fertigung einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung gemäß Ausführungsbeispiel anhand der Figuren 1 bis 7 näher erläutert wird, wird zunächst anhand der schematischen Darstellung nach Figur 8 die fertiggestellte Halbleiterlaservorrichtung erläutert. Das Ausführungsbeispiel nach Figur 8 umfasst eine Metal-Clad-Ridge-Waveguide- (MCRW-) Laservorrichtung 1 mit einer auf einem Halbleiter-Substrat 2 aus n-dotiertem InP insbesondere durch epitaktisches Aufwachsen ausgebildeten Grundstruktur mit

5 einer gleichfalls aus n-dotiertem InP bestehenden ersten Mantelschicht 3, einer auf der ersten Mantelschicht 3 abgeschiedenen aktiven Zone 4, einer auf der aktiven Zone 4 abgeschiedenen zweiten Mantelschicht 5 aus p-dotiertem InP, und einer auf der zweiten Mantelschicht 5 abgeschiedenen Kontaktsschicht  
10 6 aus p-dotiertem GaInAs. Die für die Rekombination und Lichterzeugung dienende aktive Zone 4 kann entweder aus einheitlichem Material oder aus einer Wechselfolge von Quantentöpfen und Barrieren bestehen; im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die aktive Zone 4 durch eine GaInAs-Doppel-Heterostruktur  
15 gebildet. Die aktive Zone 4 ist in an sich bekannter Weise von den ersten und zweiten Mantelschichten 3 und 5 umgeben, welche einen größeren Bandabstand als das Material der aktiven Zone besitzen, und zusammen mit einem streifenförmigen Steg 7 einen Wellenleiter bilden und die notwendige Ladungsträgereingrenzung bewirken. Der Steg 7 des Stegwellenleiters ist hierbei innerhalb eines in der zweiten Mantelschicht 5 und der Kontaktsschicht 6 gefertigten Grabens 8 gebildet, wobei die Breite des Grabens 8 etwa das zwanzigfache der Breite des Steges 7 besitzt. Der Steg 7 weist beispielsweise eine Breite von etwa  
20 2 bis 3  $\mu\text{m}$  und eine Höhe von etwa 1,5 bis 3  $\mu\text{m}$  auf; die schematische Darstellung nach Figur 8 ist somit nicht streng maßstabsgerecht. Die Bezugsziffer 9 bezeichnet eine Passivierungsschicht aus vorzugsweise  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , welche mit Ausnahme der auf der Oberseite 10 des Steges 7 sämtliche Bestandteile der Laservorrichtung 1 kantenkonform überdeckt. Darauf abgeschieden befindet sich eine Metallisierungsschicht 11 für den elektrischen Anschluss des Steges 7 an Kontaktanschlüsse und äußere Kontaktzuführungen, vermittels derer der zum Betrieb des Lasers 1 notwendige Laserstrom zugeführt wird, welche jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit in den Figuren nicht näher dargestellt sind. Da die Kontaktsschicht 6 in einem oberflächennahen Bereich, vorzugsweise durch einen Diffusionsschritt, zusätzlich dotiert ist und/oder die vorhandenen Dotieratome durch  
25 eine Temperung oder einen Laserblitz zusätzlich elektrisch aktiviert werden, ist der Kontaktwiderstand Halbleiter-Metall verringert.  
30  
35  
40

5 Nachfolgend werden anhand der Figuren 1 bis 7 in dieser Rei-  
10 henfolge die aufeinanderfolgenden Prozess-Schritte zur Ferti-  
gung der erfindungsgemäßen Laservorrichtung näher erläutert,  
15 wobei in diesen Figuren aus Gründen der besseren Übersicht-  
lichkeit das Halbleiter-Substrat 2 und die erste Mantelschicht  
20 3 nicht mehr dargestellt sind.

Auf die anhand Figur 8 näher erläuterte Grundstruktur mit den  
15 Schichten 3 bis 6 wird zunächst ganzflächig eine Hilfsmasken-  
schicht 12 aus InP vorzugsweise epitaktisch abgeschieden, was  
20 zweckmäßigerweise in einem Arbeitsgang während des Epitaxie-  
wachstums der gesamten Grundstruktur erfolgt. Die Schicht 12  
25 besteht aus gegenüber der Kontaktsschicht 6 selektiv ätzbarem  
Material und besitzt eine Stärke von etwa 0,2 µm. Die Hilfs-  
maskenschicht 12 begünstigt bzw. vereinfacht die nachfolgende  
30 Fertigung des Steges 7 im Sinne einer Verringerung der Anzahl  
von Prozess-Schritten, und unterstützt im Übrigen die Defini-  
tion einer sauberen Abhebekante beim abschließenden Abhebe-  
35 schritt, kann jedoch auch weggelassen werden, ohne vom erfin-  
dungsgemäßen Prinzip abzuweichen. Auf die ganzflächig abge-  
schiedene Hilfsmaskenschicht 12 wird Photolackmaterial aufge-  
tragen, auf herkömmliche Weise photolithographisch belichtet  
und zur Ausbildung einer Grabenmaske 13 strukturiert, die für  
die folgenden Ätzschritte den Oberflächenbereich definiert, in  
welchem der in der umgebenden Grundstruktur versenkte  
40 Stegwellenleiter entstehen soll. In einer nachfolgenden nass-  
chemischen Ätzung wird zunächst die Hilfsmaskenschicht 12 an  
den von der Grabenmaske 13 nicht abgedeckten Stellen entfernt.  
Die Strukturierung der Hilfsmaske 12 ist in Figur 1 schema-  
tisch dargestellt.

35 Dann wird an der Kontaktsschicht mindestens im Bereich des spä-  
ter strukturierten Steges eines Zn-Kontaktdiffusion mittels  
Aufschleudern einer Zn-haltigen  $Al_2O_3$ -Aufschlämmung und an-  
schließendem Diffusionstempern (z.B. 10 Sekunden bei  $650^{\circ}C$ )  
40 vorgenommen. Zur besseren elektrischen Aktivierung des Dotier-  
stoffes kann noch ein zusätzlicher Temperschritt, beispiels-  
weise für 10 Minuten bei  $400^{\circ}C$  in  $H_2$ -,  $N_2$ -, Ar-Gas oder einer

5 Mischung hiervon angefügt werden. Die Aktivierung der Kontakt-  
schicht kann auch in Form eines kurzen (< 100 ns) UV-  
Strahlungspulses einer Laserquelle (entweder zusätzlich oder  
ersatzweise zu den obigen Aktivierungsschritten) erfolgen. An-  
stelle des zusätzlichen Einbringens von Dotieratomen in die  
10 Kontaktsschicht kann auch versucht werden, bereits während der  
Epitaxie für eine genügend hohe Dotierstoffkonzentration zu  
sorgen und diese dann später, wie oben beschrieben, zu akti-  
vieren.

15 Daran anschließend kann gemäß Figur 2 unter Verwendung der  
Grabenmaske 12, 13 die Kontaktsschicht 6 zur Dickenkorrektur  
nass-chemisch wenigstens angeätzt werden, wobei dieser Ätz-  
schritt im Prinzip auch weggelassen werden kann.

20 Nachfolgend wird die bei den weiteren Schritten nicht mehr be-  
nötigte Fotolackmaske 13 entfernt, wobei die strukturierte  
Schicht 12 im Folgenden die Funktion der Grabenmaske über-  
nimmt.

25 Daran anschließend wird mittels herkömmlicher Phototechnik  
innerhalb des Grabenbereichs 14, vorzugsweise mittig eine  
streifenförmige Stegmaske 15 aus Fotolack ausgebildet, welche  
die Lage des zu ätzenden Wellenleitersteges definiert (Figur  
3).

30 Im nachfolgenden Prozess-Schritt wird gemäß Figur 4 unter Ver-  
wendung der Stegmaske 15 und der Hilfsmaskenschicht 12 als Ab-  
deckmasken die Kontaktsschicht 6 selektiv durch einen nass-  
chemischen Prozess mit exakt definierter Stegmaskenunterätzung  
35 dahingehend geätzt, daß das Ausmaß der Unterätzung an den mit  
der Bezugsziffer 16 bezeichneten Stellen weder von der Haftung  
der Fotolackmaske 15 noch von lokalen Störungen der Kontakt-  
schicht 6, noch von mikroskopischen Ungleichmäßigkeiten der  
Photolackflanken 17 beeinflußt wird. Dieser Ätzprozess defi-  
40 niert die oberen seitlichen Abmessungen sowie die Homogenität  
der Breite des entstehenden Steges und bewirkt in Folge der  
Maskierungswirkung der Hilfsmaskenschicht 12 im Außenbereich

5 des Grabens eine Einbettung des Steges durch das unveränderte Epitaxie-Schichtensystem angrenzend an die in der ersten Phototechnik definierten Grabenabschnitte seitlich des Steges.

10 Zur nass-chemischen Ätzung der Kontaktsschicht 6 wird vorzugsweise eine Schwefelsäure Wasserstoffperoxid-Wasser-Ätzlösung verwendet, wobei die Ätzung selektiv gegenüber dem Material der zweiten Mantelschicht 5 erfolgt, d.h. der Ätzvorgang kommt in vertikaler Richtung an der zu ätzenden Schicht 6 unmittelbar folgenden Grenzfläche der zweiten Mantelschicht 5 aufgrund der materialspezifischen Selektivität der Ätzlösung zum Stehen (Ätzstopwirkung der zweiten Mantelschicht 5 gegenüber der gewählten Ätzlösung). Gleichzeitig besteht ausreichende chemische Selektivität der gewählten Ätzlösung gegenüber der Grabenmaske 12, so daß das Material der Hilfsmaskenschicht 12 bei der Ätzung der Kontaktsschicht 6 innerhalb der Nachweisgrenze nicht angegriffen wird. Vorteilhafterweise sind die Seitenwände der streifenförmigen Photolack-Stegmaske 15, und im Übrigen auch die Seitenwände der Grabenmaske 12 parallel zu den kristallographischen Richtungen [011] oder [0 $\bar{1}$ 1] orientiert. Mit diesem Ätzschritt gelingt eine gleichmäßig laterale Unterätzung der Photolack-Stegmaske 15, wobei die Flankenwinkel der geätzten Kontaktsschicht 6 an den mit der Bezugsziffer 15 ange deuteten Stellen eindeutig durch die kristallographisch bedingten Eigenschaften des Kontaktsschichtmaterials vorgegeben bzw. bestimmt werden. Der Grad der Unterätzung der Kontaktsschicht 6 an den Stellen 16 bestimmt gleichzeitig in eindeutiger Weise die Breite des nachfolgend vervollständigten Wellenleitersteges 7. Die erfindungsgemäße von Vorteil ausgenutzte Unterätzung der Kontaktsschicht 6 kann dabei so gewählt werden, daß es beim nachfolgenden Abscheiden der Passivierungsschicht 9 nicht zu einer unerwünschten Verkleinerung der ohmschen Kontaktfläche auf der Oberseite 10 des Steges kommt. Im Zuge der mehr oder weniger ausgeprägten Flankenbildung an den Stellen 16 wird effektiv die Grenzfläche zwischen der später aufgebrachten Metallisierung 11 und der Kontaktsschicht 6 an der Oberseite 10 vergrößert, so daß der Kontaktwiderstand letzt-

5 lich sogar geringer eingestellt werden kann.

Daran anschließend erfolgt gemäß Figur 5 eine selektive nass-chemische Ätzung der zweiten Mantelschicht 5 zur Ausformung des Stegwellenleiters mit in weiten Grenzen veränderbarer

10 Flankenform. Hierbei wird die reproduzierbar erzielbare Stegform außer durch die festgelegte Kristallrichtung und die vorgehende Kontaktschichtätzung insbesondere durch die Ätzlösung, die Ätzzeit und die Ätztemperatur, im Hinblick auf die Tiefe des Steges unter Umständen auch durch den konkreten Aufbau der

15 Epitaxie-Schichtenfolge bestimmt. Aufgrund einer geeignet aufeinander abgestimmten Ätzlösung und Materialzusammensetzung wird bei diesem Prozess-Schritt gleichzeitig die restliche Hilfsmaskenschicht 12 im Außenbereich des Grabens entfernt.

Wegen der chemischen Selektivität dieses Ätzprozesses übernimmt nach vollständiger Auflösung der Hilfsmaskenschicht 12 die noch verbleibende Kontaktschicht 6 die weitere Maskierungsfunktion. Zur nass-chemischen Ätzung der zweiten Mantelschicht 5 wird in bevorzugter Weise eine Phosphor-Salzsäure-Lösung verwendet, wobei aufgrund der chemischen Selektivität

20 das Material der Kontaktschicht 6 und die unterhalb der zweiten Mantelschicht 5 angeordnete Schicht 4 von dieser Ätzlösung nicht angegriffen wird. Die Schicht 4 dient somit bei diesem Ätzschritt wiederum als Ätzstop. Bei der nass-chemischen Ätzung der zweiten Mantelschicht 5 findet keine Überätzung gegenüber der als Maske wirkenden Kontaktschicht 6 statt, so daß die im vorhergehenden Ätzschritt eingestellte Unterätzung der Kontaktschicht 6 an den Stellen 16 eindeutig die Stegbreite des Wellenleitersteges 7 bestimmt.

35 Daran anschließend wird gemäß Figur 6 eine Passivierungsschicht aus  $Al_2O_3$  ganzflächig und kantenkonform auf die sich ergebende Gesamtstruktur mittels einem ionenstrahlgestützten Sputter-Prozess aufgebracht, wobei an den mit der Bezugsziffer 16 bezeichneten Stellen technologisch sauber definieret Lücken in der Passivierungsschicht 9 verbleiben, durch die im nachfolgenden Abhebeschritt das im Abhebeprozess zum Einsatz gelangende Lösungsmittel ohne Weiteres eindringen kann.

5

Figur 7 zeigt den entsprechenden Zustand nach dem Abheben des auf der Photolackoberfläche gesputterten  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Materials durch Auflösen des Photolacks der Stegmaske 15 in einem geeigneten Lösungsmittel unter Ausnutzung der gezielten Unterätzung des 10 Photolacks während der vorhergehenden Kontaktschichtätzung.

In einem abschließenden Metallisierungsschritt wird gemäß Figur 8 eine Metallisierungsschicht 11 für den elektrischen Anschluss des Steges 7 aufgebracht.

## 5 Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Stegwellenleiters in III-V-Verbindungshalbleiter-Schichtstrukturen, mit den Schritten:

- 10 - Fertigen einer auf einem Halbleiter-Substrat (2) insbesondere durch epitaktisches Aufwachsen ausgebildeten Grundstruktur mit einer ersten Mantelschicht (3), einer auf der ersten Mantelschicht (3) abgeschiedenen aktiven Zone (4) bestehend aus einheitlichem Material oder aus einer Wechselfolge von Quantentöpfen und Barrieren, einer auf der aktiven Zone (4) abgeschiedenen zweiten Mantelschicht (5) und einer auf der zweiten Mantelschicht (5) abgeschiedenen Kontaktsschicht (6);
- 20 - ganzflächiges Abscheiden und Strukturieren einer Grabenmaske (12, 13) zur Festlegung eines Grabenbereiches (14), der eine vielfache Breite eines nachfolgend innerhalb des Grabenbereiches (14) aus der zweiten Mantelschicht (5) und der Kontaktsschicht (6) zu erzeugenden Steges (7) besitzt;
- 25 - Einbringen zusätzlicher Dotieratome in die Kontaktsschicht (6) und/oder Aktivieren der zusätzlich eingebrachten oder der bereits vorhandenen Dotieratome;
- 30 - Ausbilden einer im Wesentlichen streifenförmigen Stegmaske (15) innerhalb des Grabenbereichs (14);
- 35 - selektives Ätzen der Kontaktsschicht (6) und der zweiten Mantelschicht (5) unter Verwendung der Grabenmaske und der Stegmaske (15) als Abdeckmasken zur Ausbildung des Steges (7) des Stegwellenleiters bei gleichzeitiger Ausbildung eines Grabens (8) innerhalb des Grabenbereiches (14);
- 40 - im Wesentlichen kantenkonformes Abscheiden einer Passivierungsschicht (9) aus elektrisch isolierendem Material;

5 - Abheben des auf der Stegmaske (15) abgeschiedenen Materials  
der Passivierungsschicht (9) durch Entfernen des unterlie-  
genden Maskenmaterials der Stegmaske (15); und  
10 - Abscheiden einer Metallisierungsschicht (11) für den elek-  
trischen Anschluss des Steges (7).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzlichen Dotieratome durch Eindiffundieren oder Implantieren in die Kontaktsschicht (6) eingebracht werden.

15 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotieratome Zn-Atome sind und daß das Eindiffundieren durch Aufschleudern einer Zn-haltigen  $Al_2O_3$ -Aufschlämmung und anschließendes Temperi, beispielsweise für 10 Sekunden bei  
20 650°C, durchgeführt wird.

25 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein zusätzliches Temperi in  $H_2$ -,  $N_2$ -, Ar-Gas oder einer Mischung hiervon, beispielsweise für 10 Minuten bei 400°C, angefügt wird.

30 5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Aktivieren der zusätzlich eingebrachten oder bereits vorhandenen Dotieratome mindestens teilweise durch einen UV-Strahlungspuls einer Laserquelle erfolgt.

35 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß das Ätzen der Kontaktsschicht (6) und der zweiten Mantelschicht (5) zur Ausbildung des Steges (7) des Stegwel-  
lenleiters nass-chemisch erfolgt.

40 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzen der Kontaktsschicht (6) und der zweiten Mantelschicht (5) in zwei voneinander getrennten Ätzschritten mit unterschiedli-  
chen Ätzlösungen durchgeführt wird, wobei die Ätzung der je-  
weiligen Schicht selektiv gegenüber dem jeweils unterliegenden Material durchgeführt wird.

5

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß beim nass-chemischen Ätzen der Kontaktsschicht (6) das von der Stegmaske (15) abgedeckte Material unterätzt wird.

10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur nass-chemischen Ätzung der Kontaktsschicht (6) eine Schwefelsäure-Wasserstoffperoxid-Wasser-Ätzlösung verwendet wird.

15 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur nass-chemischen Ätzung der zweiten Mantelschicht (5) eine Phosphorsäure-Salzsäure-Ätzlösung verwendet wird.

20 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Ätzung der zweiten Mantelschicht (5) keine Unterätzung gegenüber der als Ätzmaseke wirkenden, strukturierten Kontaktsschicht (6) erfolgt.

25 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß sämtliche nass-chemische Ätzvorgänge in vertikaler Richtung an der zu ätzenden Schicht unmittelbar folgenden Grenzschicht aufgrund der materialspezifischen Selektivität der Ätzlösungen zu stehen kommen.

30

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Flankenwinkel der Kontaktsschicht (6) eindeutig durch die kristallographisch bedingten Eigenschaften des Kontaktsschichtmaterials vorgegeben bzw. bestimmt werden.

35

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Stegmaske (15) in einem selbstjustierenden Prozess die Stegposition innerhalb des Grabens festgelegt wird, bezüglich der Breite des Steges aber lediglich der maximale Wert vorbestimmt wird.

40

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch ge-

5 kennzeichnet, daß die Grabenmaske eine aus Halbleitermaterial bestehende Schicht aufweist und die Stegmaske (15) eine Photolackmaske darstellt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Orientierung der Stegmaske (15) und/oder Grabenmaske parallel zu den kristallographischen Richtungen [0111 oder  $\bar{1}0\bar{1}0$ ] ausgerichtet wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Passivierungsschicht (9)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  aufweist und mittels einem ionenstrahlgestützten Sputterprozess-Schritt (16) ganzflächig abgeschieden wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Grundstruktur für die Ausbildung der Grabenmaske ganzflächig eine Hilfsmaskenschicht (12) abgeschieden wird, die zur Festlegung des Grabenbereiches (14) selektiv geätzt wird.

19. Halbleiterlaservorrichtung mit einer auf einem Halbleiter-Substrat (2) insbesondere durch epitaktisches Aufwachsen ausgebildeten Grundstruktur mit einer ersten Mantelschicht (3), einer auf der ersten Mantelschicht (3) abgeschiedenen aktiven Zone (4) bestehend aus einheitlichem Material oder aus einer Wechselfolge von Quantentöpfen und Barrieren, einer auf der aktiven Zone (4) abgeschiedenen zweiten Mantelschicht (5), und einer auf der zweiten Mantelschicht (5) abgeschiedenen Kontaktsschicht (6), wobei die zweite Mantelschicht (5) und die Kontaktsschicht (6) über dem laseraktiven Bereich zu einem im Wesentlichen streifenförmigen Steg (7) eines Stegwellenleiters gebildet sind,

**dadurch gekennzeichnet,**

- daß in einen oberflächennahen Bereich der Kontaktsschicht (6) Dotieratome eingebracht sind;

- daß der Steg (7) des Stegwellenleiters innerhalb eines in der zweiten Mantelschicht (5) und der Kontaktsschicht (6) gefertigten Grabens (8) gebildet ist, wobei die Breite des Gra-

5 bens (8) ein Vielfaches der Breite des Steges (7) besitzt.

20. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotieratome durch Eindiffundieren eingebracht sind.

10

21. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotieratome Zn-Atome sind und daß das Eindiffundieren durch Aufschleudern einer Zn-haltigen  $Al_2O_3$ -Aufschlämmung und anschließendem Diffusionstempern, beispielsweise für 5 Sekunden bei 560°C, durchgeführt worden ist.

22. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die außerhalb des Grabenbereiches (14) liegenden Bestandteile der Kontaktsschicht (6), die Seitenwände und Böden des Grabens (8), sowie die Seitenwände des aus der zweiten Mantelschicht (5) und der Kontaktsschicht (6) gebildeten Steges (7) im Wesentlichen kantenkonform durch eine Passivierungsschicht (9) aus elektrisch isolierendem Material überdeckt sind, und eine auf der Passivierungsschicht (9) und der von der Passivierungsschicht (9) nicht abgedeckten Oberseite (10) des Steges (7) abgeschiedene Metallisierungsschicht (11) für den elektrischen Anschluss des Steges (7) vorgesehen ist.

30 23. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Passivierungsschicht (9)  $Al_2O_3$  aufweist.

35 24. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Mantelschicht (5) InP aufweist, und die Kontaktsschicht (6) InGaAs aufweist.

1/3

Fig1

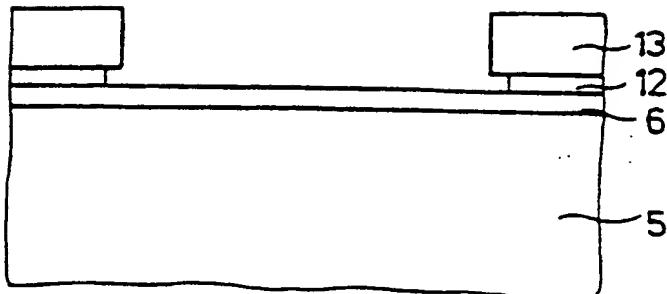


Fig2

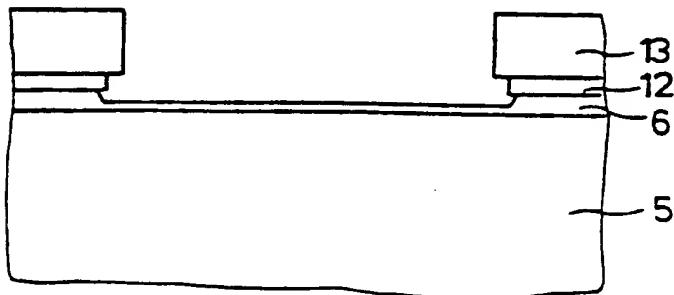
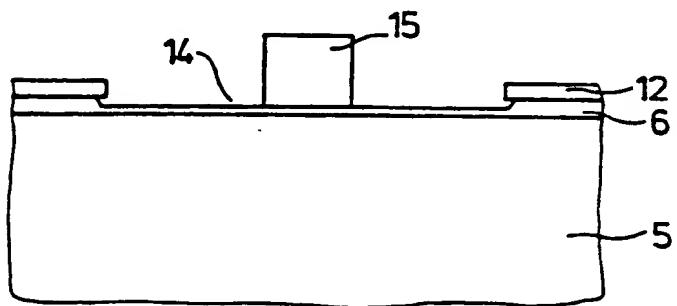


Fig3



2/3

Fig 4

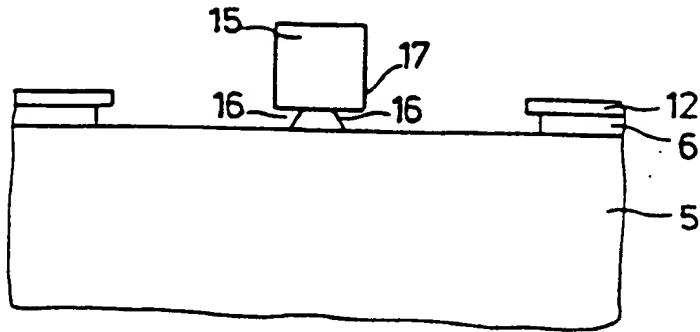


Fig 5

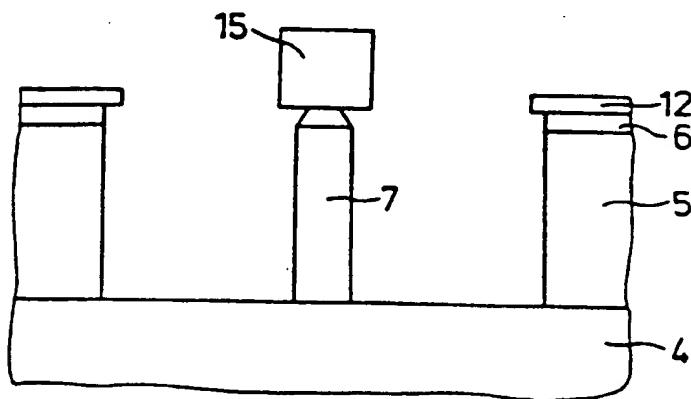
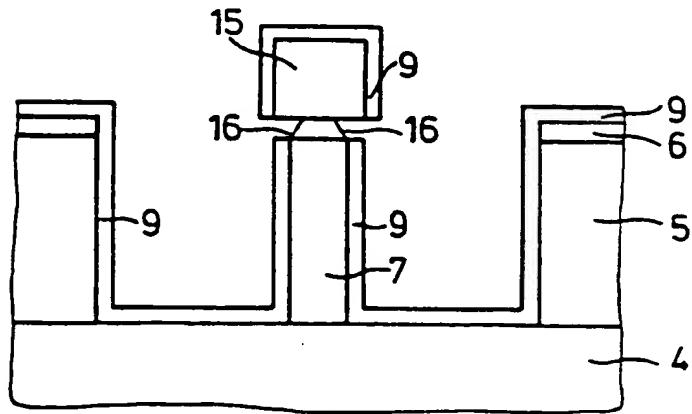


Fig 6



3/3

Fig 7

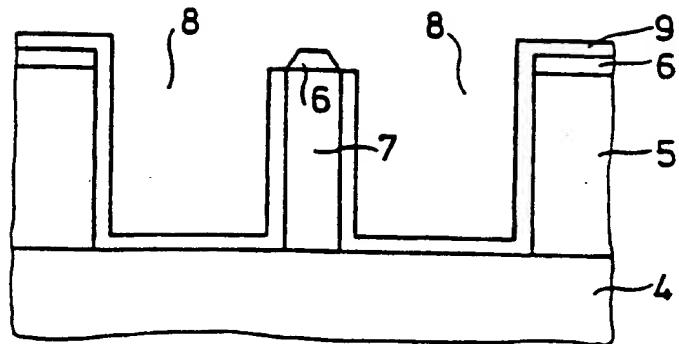
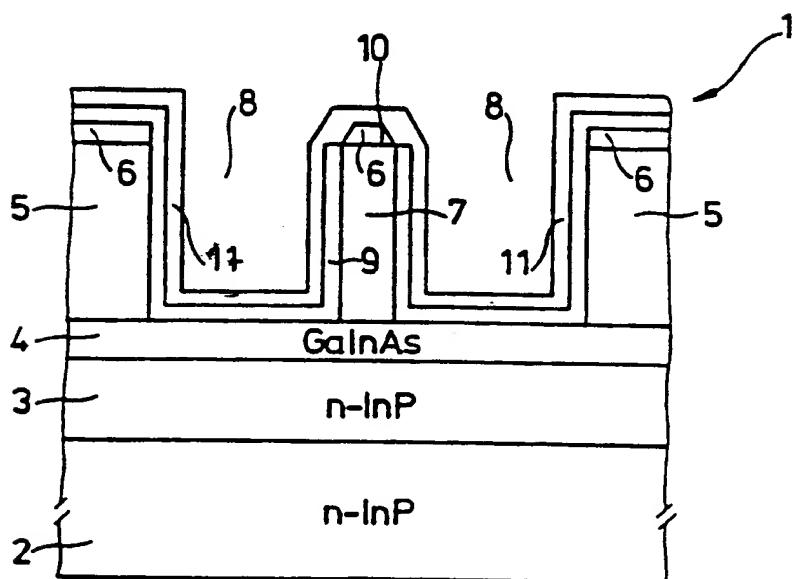


Fig 8



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Application No

PCT/DE 99/00892

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 H01S3/19

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	STEGMULLER B ET AL: "HIGH-TEMPERATURE AND HIGH-POWER PERFORMANCE OF INGAASP/INP RIDGE -WAVEGUIDE LASER DIODES" ARCHIV FUR ELEKTRONIK UND UBERTRAGUNGSTECHNIK, vol. 46, no. 2, 1 March 1992 (1992-03-01), pages 73-79, XP000291306 ISSN: 0001-1096 page 74, right-hand column, paragraph 2	1, 2, 15-17, 19-21
Y		3, 4, 21
A		6-8, 11-14, 22-24

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

3 August 1999

17/08/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Claessen, L

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 99/00892

**C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	M-C AMANN ET AL: "Improved shallow p+ diffusion into InGaAsP by new spin-on diffusion source" JOURNAL OF APPLIED PHYSICS., vol. 62, no. 4, 15 August 1987 (1987-08-15), pages 1541-1543, XP002111195 AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK., US ISSN: 0021-8979 page 1542; figure 1 ---	3,4,21
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 507 (E-0998), 6 November 1990 (1990-11-06) & JP 02 209782 A (HIKARI KEISOKU GIJUTSU KAIHATSU KK), 21 August 1990 (1990-08-21) abstract ---	1,6-19, 22-24
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 128 (E-1333), 18 March 1993 (1993-03-18) & JP 04 303983 A (NEC CORP), 27 October 1992 (1992-10-27) abstract ---	1,6-19, 22-24
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 434 (E-1129), 6 November 1991 (1991-11-06) & JP 03 181133 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD), 7 August 1991 (1991-08-07) abstract ---	1,6-10, 14-16
A	EP 0 450 255 A (IBM) 9 October 1991 (1991-10-09) cited in the application ---	1,6-19, 22-24
A	EP 0 723 303 A (HEWLETT PACKARD CO) 24 July 1996 (1996-07-24) abstract ---	1,5
P,A	DE 196 40 420 A (SIEMENS AG) 2 April 1998 (1998-04-02) the whole document -----	1-24

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 99/00892

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
JP 02209782	A	21-08-1990		NONE
JP 04303983	A	27-10-1992		NONE
JP 03181133	A	07-08-1991		NONE
EP 0450255	A	09-10-1991	CA 2039875 A CA 2039875 C DE 69010485 D DE 69010485 T JP 1967777 C JP 5190968 A JP 6101612 B US 5059552 A	07-10-1991 03-05-1994 11-08-1994 26-01-1995 18-09-1995 30-07-1993 12-12-1994 22-10-1991
EP 0723303	A	24-07-1996	JP 8222797 A	30-08-1996
DE 19640420	A	02-04-1998	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/00892

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 H01S3/19

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoß (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoß gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>a</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	STEGMULLER B ET AL: "HIGH-TEMPERATURE AND HIGH-POWER PERFORMANCE OF INGAASP/INP RIDGE -WAVEGUIDE LASER DIODES" ARCHIV FÜR ELEKTRONIK UND UBERTRAGUNGSTECHNIK, Bd. 46, Nr. 2, 1. März 1992 (1992-03-01), Seiten 73-79, XP000291306 ISSN: 0001-1096 Seite 74, rechte Spalte, Absatz 2	1, 2, 15-17, 19-21
Y	---	3, 4, 21 6-8, 11-14, 22-24
A	-/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

' Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
---	---

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. August 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/08/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Claessen, L

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte:  nationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/00892

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>3</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	M-C AMANN ET AL: "Improved shallow p+ diffusion into InGaAsP by new spin-on diffusion source" JOURNAL OF APPLIED PHYSICS., Bd. 62, Nr. 4, 15. August 1987 (1987-08-15), Seiten 1541-1543, XP002111195 AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK., US ISSN: 0021-8979 Seite 1542; Abbildung 1 ---	3,4,21
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 507 (E-0998), 6. November 1990 (1990-11-06) & JP 02 209782 A (HIKARI KEISOKU GIJUTSU KAIHATSU KK), 21. August 1990 (1990-08-21) Zusammenfassung ---	1,6-19, 22-24
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 128 (E-1333), 18. März 1993 (1993-03-18) & JP 04 303983 A (NEC CORP), 27. Oktober 1992 (1992-10-27) Zusammenfassung ---	1,6-19, 22-24
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 434 (E-1129), 6. November 1991 (1991-11-06) & JP 03 181133 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD), 7. August 1991 (1991-08-07) Zusammenfassung ---	1,6-10, 14-16
A	EP 0 450 255 A (IBM) 9. Oktober 1991 (1991-10-09) in der Anmeldung erwähnt ---	1,6-19, 22-24
A	EP 0 723 303 A (HEWLETT PACKARD CO) 24. Juli 1996 (1996-07-24) Zusammenfassung ---	1,5
P,A	DE 196 40 420 A (SIEMENS AG) 2. April 1998 (1998-04-02) das ganze Dokument ----- ...	1-24

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/00892

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 02209782 A	21-08-1990	KEINE	
JP 04303983 A	27-10-1992	KEINE	
JP 03181133 A	07-08-1991	KEINE	
EP 0450255 A	09-10-1991	CA 2039875 A CA 2039875 C DE 69010485 D DE 69010485 T JP 1967777 C JP 5190968 A JP 6101612 B US 5059552 A	07-10-1991 03-05-1994 11-08-1994 26-01-1995 18-09-1995 30-07-1993 12-12-1994 22-10-1991
EP 0723303 A	24-07-1996	JP 8222797 A	30-08-1996
DE 19640420 A	02-04-1998	KEINE	

DOCKET NO: GR 00P 1583

SERIAL NO: 09/817,963

APPLICANT: Locoack, et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100